УДК 66.023.2

ОЦЕНКА ЧИСЛА ТАРЕЛОК И ВРЕМЕНИ УСТАНОВЛЕНИЯ РАВНОВЕСНЫХ (СТАЦИОНАРНЫХ) СОСТОЯНИЙ В АМАЛЬГАМНО-ОБМЕННОМ КАСКАДЕ

И.А. Тихомиров, Д.Г. Видяев, А.А. Гринюк

Томский политехнический университет
E-mail: orlov@phtd.tpu.edu.ru

Приведена методика оценки числа теоретических тарелок в амальгамно-обменном каскаде с учетом разложения амальгамы. Показано, что для полного разложения амальгамы каскад должен состоять из 200 теоретических тарелок при доле разложения амальгамы на одной тарелке, равной 0,8 %. Выведена формула для оценки времени установления равновесного состояния в амальгамно-обменном каскаде, учитывающая величину переноса изотопа вдоль по колонне.

1. Оценка числа теоретических тарелок в каскаде

Можно оценить время разложения амальгамы для каскада с известным числом теоретических тарелок (т.т.), т.к. между n – числом т.т. и временем разложения амальгамы в каскаде существует прямая пропорциональная зависимость [1], которая позволяет для n предложить следующее выражение:

$$n = A(\sqrt{N_0} - \sqrt{N}). \qquad (1)$$

Здесь N_0 – концентрация элемента в амальгаме до разложения, N – текущая концентрация элемента в амальгаме с учетом разложения, A – величина, постоянная по длине каскада.

Применительно к одной Т.Т. будем иметь:

$$A = \frac{1}{\sqrt{N_0} - \sqrt{N'}} = \frac{1}{\sqrt{N_0}\,(1 - \sqrt{N'/N_0})},$$

где изменение концентрации элемента от N_0 до N' характерно для одной Т.Т. Известно, что:

$$\frac{N'}{N_0} = 1 - r_0, \qquad (2)$$

где r_0 – доля разложения амальгамы на одной Т.Т., таким образом, для A получаем с учетом (2):

$$A = \frac{1}{\sqrt{N_0}\,(1 - \sqrt{1 - r_0})}. \qquad (3)$$

Подставляя выражение (3) в выражение (1) находим:

$$n = \frac{\sqrt{N_0}\,(1 - \sqrt{N/N_0})}{\sqrt{N_0}\,(1 - \sqrt{1 - r_0})} = \frac{(1 - \sqrt{m_n})}{(1 - \sqrt{1 - r_0})},$$

где $m_n = N/N_0$.

При $N_0=0$ и $m_n=0$ полное разложение амальгамы наступает на определенной ступени (Т.Т.) каскада:

$$n/N_0 = 0 = n/m_n = 0 = n_{\text{полн}} = \frac{1}{1 - \sqrt{1 - r_0}}.$$

Если взять r_0 порядка 0,8 % (оптимальное значение), тогда $n_{\text{полн}}$ будет:

$$n_{\text{полн}} \cong 200\,\text{Т.Т.}$$

Полное разложение амальгамы наступает обычно при 200 Т.Т.

2. Оценка времени установления равновесного (стационарного) состояния в каскаде

Представляет интерес [1] установить, как изменяется изотопная концентрация c со временем (до момента наступления стационарного состояния) в каскаде длиною l. Для этого существует следующее соотношение:

$$K_0 t = \int_{c_0}^{c} (c - c_0) N_\kappa \, d\vartheta, \qquad (4)$$

где K_0 – величина переноса изотопа вдоль по колонне; N_κ – средняя концентрация элемента в колонне (N_κ=const); $d\vartheta$ – элементарный объем для участка колонны dx ($d\vartheta = 1\cdot 1\cdot dx$); t – текущее время; c_0 и c – начальная и текущая изотопные концентрации.

Берем известные соотношения в каскаде:

$$d\vartheta = dx = \frac{dn}{S} = H dn,$$

где H – величина эквивалентной Т.Т.; $1/S = H$.

$$\frac{dc}{dn} = \varepsilon c(1 - c)$$

– изменение c вдоль по каскаду.

Ур. (4) преобразуется к виду:

$$K_0 t = \int_{c_0}^{c} \frac{(c - c_0) N_\kappa dc}{S \varepsilon c(1 - c)} = \frac{N_\kappa}{S\varepsilon} \int_{c_0}^{c} \frac{(c - c_0) dc}{c(1 - c)}. \qquad (5)$$

После интегрирования ур. (5) от c_0 до c, получаем:

$$K_0 t = \frac{N_\kappa}{S\varepsilon}\left[(1 - c_0)\ln\frac{1 - c_0}{1 - c} - c_0 \ln\frac{c}{c_0}\right]. \qquad (6)$$

Ур. (6) еще не учитывает роли промежуточных емкостей. С учетом их ур. (6) приобретает вид:

$$(1 - c_0)\ln\frac{(1 - c_0)}{(1 - c)} - c_0 \ln\frac{c}{c_0} = \frac{\varepsilon}{H N_\kappa} K_0 (t - t_0). \qquad (7)$$

Здесь: $t_0 = \dfrac{\Delta P_u^\delta}{K_0}$, где $\Delta P_u^\delta = \sum_{i=1}^{N^\delta} \vartheta_i (c_i^\delta - c_0^\delta)$ – суммарное накопление изотопа в буферных емкостях; t_0 – время заполнения буферных емкостей.